



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

TIETOMALLINTAMINEN GEOTEKNIIKAN NÄKÖKULMASTA

Veera Isometsä

Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö

Marraskuu 2021

TIIVISTELMÄ

Tietomallintaminen geotekniikan näkökulmasta

Veera Isometsä

Oulun yliopisto, ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2021, 31 s. + 1 liite

Työn ohjaajat yliopistolla: Anne Tuomela, Hanna Rasi-Koskinen

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena oli hyödyntää olemassa olevaa kirjallisuutta ja koostaa katsaus infra- ja talonrakennushankkeiden geotekniseen tietomallinnukseen sekä eri hankkeiden tietomallinnusohjeistuksiin. Työn tärkeimpänä tavoitteena oli hahmottaa geoteknisen tietomallinnuksen nykytila sekä infra- että talonrakennushankkeiden näkökulmasta sekä pohtia geoteknisen tietomallinnuksen tulevaisuutta. Työssä pyrittiin selvittämään, miten infra- ja talonrakennushankkeiden tietomalliohjeet poikkeavat toisistaan ja kokoamaan yhteen tietomalliohjeiden tärkeimmät eroavaisuudet.

Tämä kandidaatintyö on kattava katsaus geoteknisen tietomallintamisen teoriaan, tarkoitukseen, sovelluksiin sekä mahdollisiin tuleviin muutoksiin. Kandidaatintyön tärkeimmät tulokset liittyvät infra- ja talonrakennushankkeiden tietomalliohjeiden välisten merkittävämpien eroavaisuuksien löytämiseen. Työssä selvisi, että merkittävimmät eroavaisuudet infra- ja talokohteiden välillä liittyvät käytettyyn tiedonsiirtoformaattiin sekä mallinnusgeometriaan. Yksinomaan talokohteissa geotekninen suunnittelu sen sijaan eroaa merkittävästi ylätasen talosuunnittelusta käytetyn koordinaatiston ja mittayksiköiden osalta. Kaikki infra- ja talokohteiden väliset mallinnuseroavaisuudet koottiin taulukkoon työn liitteeksi.

Kandidaatintyötä voidaan hyödyntää esimerkiksi geoteknisen tietomallintamisen perimmäisen luonteen ja nykytilan ymmärtämiseen sekä tilanteissa, joissa eri hankkeiden ohjeistusten välisten eroavaisuuksien ymmärtäminen on oleellista. Työtä voitaisiin hyödyntää myös esimerkiksi infra- ja talonrakennushankkeiden tietomalliohjeistusten yhtenäistämistyössä.

Asiasanat: geotekniikka, tietomallintaminen, inframallintaminen, talotekniikka, BIM

ABSTRACT

Geotechnical BIM

Veera Isometsä

University of Oulu, Degree Programme of Environmental Engineering

Bachelor's thesis 2021, 31 pp. + 1 Appendix

Supervisors at the university: Anne Tuomela, Hanna Rasi-Koskinen

The purpose of this Bachelor's thesis was to utilize existing literature and compile an overview of geotechnical BIM and BIM instructions for infrastructure and building construction projects. The main objective of the thesis was to outline the current state of geotechnical BIM from the perspective of both infrastructure and building construction projects and to consider the future of geotechnical BIM. The thesis sought to find out how BIM instructions for infrastructure and building construction projects differ from each other and to bring together the main differences between the instructions. The main differences between infrastructure and building construction projects are related to the used formats and geometry. In building construction projects geotechnical BIM differs from upper-level BIM in terms of the coordinate system and units. All the modelling-related differences between infrastructure and building construction projects were compiled into a table as an appendix to the thesis.

This Bachelor's thesis is a comprehensive overview of the theory, purpose, applications and possible upcoming changes of geotechnical BIM. The main results of the thesis are related to recognizing the main differences between BIM instructions for infrastructure and building construction projects. This thesis can be utilized for example in order to understand the fundamental nature or the current state of geotechnical BIM and in situations, where it is essential to understand the differences between the BIM instructions for infrastructure and building construction projects. This Bachelor's thesis could also be utilized for example in the unifying process of BIM instructions for infrastructure and building construction projects.

Keywords: geotechnics, inframodeling, BIM

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

MERKINNÄT JA LYHENTEET

1 Johdanto	6
2 Tietomallintaminen geotekniikassa.....	7
2.1 Erilaiset tietomallit.....	8
2.2 Ohjaavat säännökset.....	13
2.2.1 Yleiset vaatimukset.....	13
2.2.2 InfraBIM-nimikkeistö ja sanasto	14
3 Geotekninen tietomallintaminen rakennuskohteissa.....	15
3.1 Infrarakennuskohteet.....	15
3.2 Talonrakennuskohteet	17
4 Geoteknisten tietomalliohjeistusten vertailu	19
4.1 Yleiset asiat	19
4.2 Mallinnusvaatimukset sekä luovutettava geometria	20
5 Geotekniikan tietomallinnuksen tulevaisuus.....	24
6 Yhteenveto	27
Lähdeluettelo.....	29
Liite 1. Taulukko YTV 2021:n ja YIV 2019:n välisistä eroista	

MERKINNÄT JA LYHENTEET

BIM	Building Information Model, tietomalli
COBIM	Senaatti-kiinteistöjen mallintamisohjeiden laajentamis- ja päivittämishanke
InfraBIM	Infra Built Environment Information Model, infra-alan tietomalli eli inframalli
IM4	Inframodel 4.0.4, infratietojen siirtoon käytetty formaatti
LandXML	XML-pohjainen tiedonsiirtoformaatti, käytetään yleisesti maanrakennuksessa ja väylien rakentamisessa sekä ylläpidossa.
Ominaisuustieto	Kuvattava tieto, kuten alueen liikennemäärä tai kohteen rakennusmateriaali
RS-malli	Rakennussuunnitelmamalli
YIV 2019	Yleiset inframallivaatimukset 2019
YTV 2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012
YTV 2021	Yleiset tietomallivaatimukset 2021

1 JOHDANTO

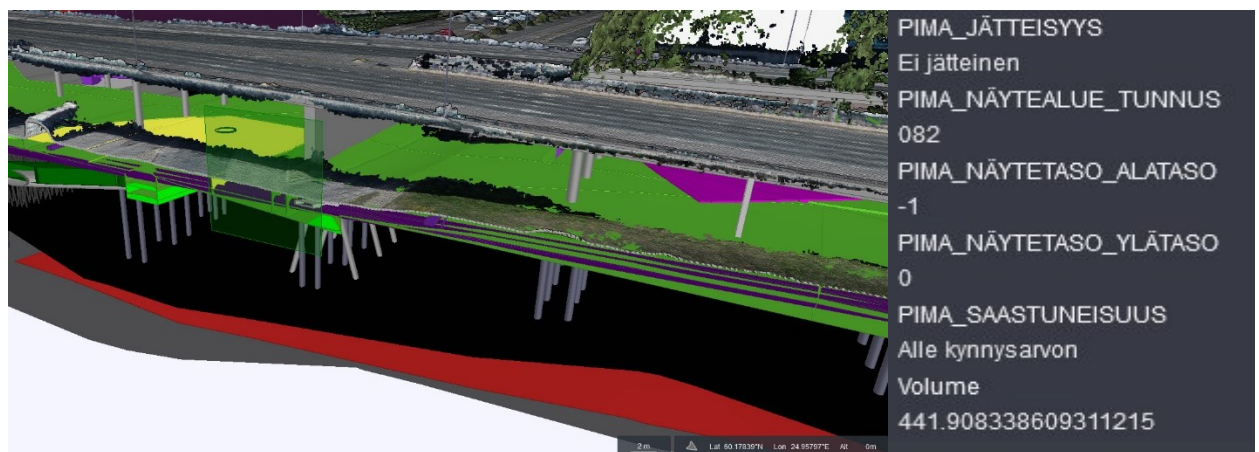
Tietomallintaminen on jatkuvasti merkittävämmässä roolissa sekä infra- että talonrakennuskohteiden suunnittelussa ja rakentamisessa. Hankkeiden tietomalliohjeistukset ja -vaatimukset saattavat kuitenkin poiketa toisistaan hankkeen luonteesta ja laajuudesta riippuen. Etenkin talonrakennuskohteissa yhteneväinen ohjeistus geoteknisen tietomallinnuksen suorittamiseen on puuttunut kuluvaan vuoteen 2021 saakka. BuildingSMART Finland julkaisi talonrakennuskohteiden geoteknistä mallintamista käsittelevän tietomalliohjeen koekäyttöön elokuussa 2021. Infrarakennuskohteissa ohjeistus geotekniseen mallintamiseen on sisällytetty Yleisiin inframallivaatimuksiin.

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on esitellä geoteknistä tietomallinnusta yleisesti sekä perehtyä infra- ja talonrakennuskohteiden geoteknisen tietomallinnuksen mallinnusohjeisiin ja -vaatimuksiin. Kandidaatintyössä esitellään eroavaisuuksia näiden ohjeistusten välillä sekä pohditaan eroavaisuuksien mahdollisia syitä. Vertailua suoritettiin sekä mallinnusvaatimusten että yleisten asioiden näkökulmasta ja vertailujen pääasiallisena lähteenä käytettiin Yleisiä inframallivaatimuksia YIV 2019 sekä Yleisiä tietomallivaatimuksia YTV 2021. Kandidaatintyössä pohditaan myös geotekniikan tietomallinnuksen tulevaisuutta yleisellä tasolla sekä esimerkiksi eri hankkeiden tietomalliohjeistusten päivitys- ja yhtenäistämistyön kautta.

2 TIETOMALLINTAMINEN GEOTEKNIKASSA

Tietomallintamisella tarkoitetaan prosessia, jossa rakennusprojektista luodaan todellisuutta vastaava, kolmiulotteinen visuaalinen esitys, joka sisältää hankkeen ominaisuustiedot. Tätä esitystä kutsutaan tietomalliksi ja hanketta, jossa suunnitelma-aineisto tai sen osa luovutetaan mallimuotoisena, kutsutaan tietomallipohjaiseksi hankkeeksi. Pohjimmiltaan tietomallintaminen on siis tiedonhallintaa.

Kuva 1 Helsingin Kruunusillat-hankkeesta havainnollistaa tietomallin pohjimmaista luonnetta ja tarkoitusta. Kuvassa esiintyvät 3D-malli ja ominaisuustiedot muodostavat yhdessä alueen pilaantuneita maita kuvaavan tietomallin.



Kuva 1. Tietomallin pohjimmainen luonne: Kuvassa vihreällä sillan alla sijaitseva pilaantuneiden maiden alue mallinnettuna 3D-muotoon. 3D-mallin vieressä kohteeseen liittyviä ominaisuustietoja. 3D-malli ja ominaisuustiedot muodostavat yhdessä kohteen tietomallin. (Kruunusillat-allianssi 2021)

Rakennusalalla tietomalleja kutsutaan yleisnimityksellä BIM (Building Information Model), kun taas infra-alalla käytetään yleensä nimitystä InfraBIM (Infra Built Environment Information Model) eli inframalli (Kylmälä 2015 s. 12). Talohankkeissa geoteknisen suunnittelijan tai rakennesuunnittelijan muodostamia pohjarakentamisen tietomalleja kutsutaan usein myös geoteknisiksi malleiksi (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a s. 8).

Tietomallintamista tehdään ja vaaditaan koko ajan enemmän, ja se on käytössä muun muassa väylä- ja talonrakentamiskohteissa sekä aluesuunnittelussa. Hankkeen tietomallin tarkoitus on tehostaa rakennusprosessia sekä ajan että resurssien puolesta, ja mahdollistaa rakennelman elinkaaren parempi tunteminen ja hallinta, mikä auttaa välttämään resurssihukkaa sekä tappiollisia projekteja (Kylmä 2015 s. 12). Toimiva tietomallintaminen mahdollistaa hankkeessa käytetyn ja tuotetun datan tehokkaan analysoinnin ja muokkaamisen sekä toisaalta hyödyntämisen tulevissa, samantapaisissa projekteissa ilman tarvetta uudelle lähtötietojen keräämiselle tai analysoinnille.

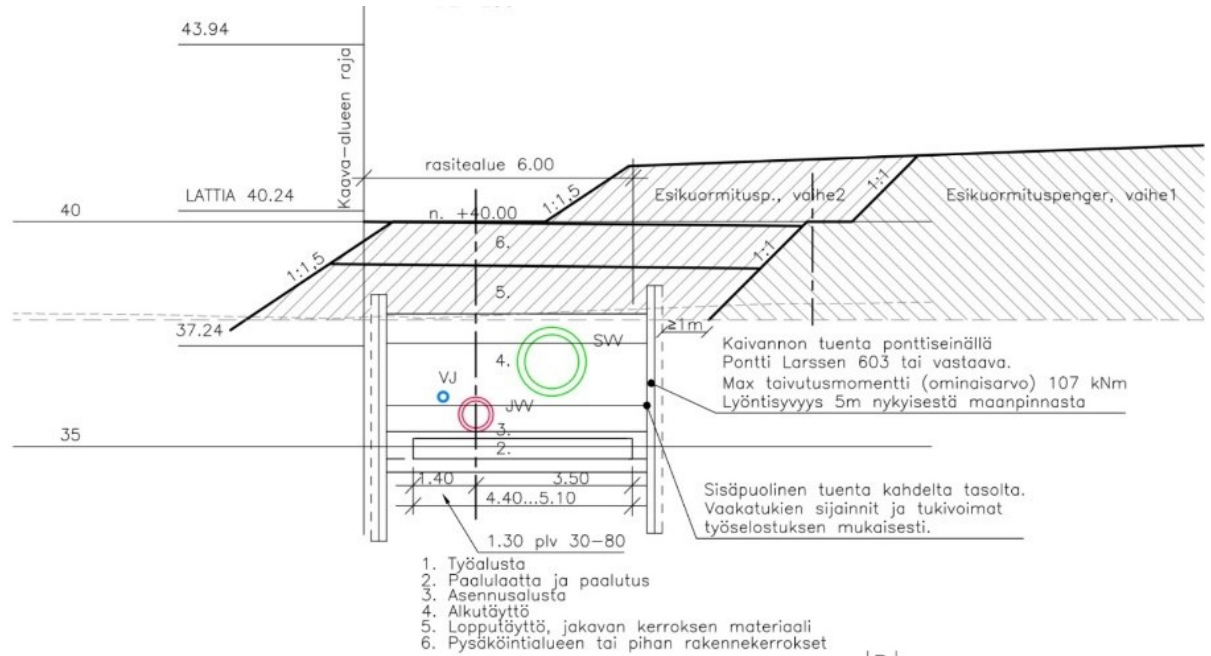
2.1 Erilaiset tietomallit

Toimivan tietomallintamisen lähtökohtana on luotettavien lähtötietojen kerääminen ja dokumentointi eli niin kutsutun lähtötietoaineiston muodostaminen ja mallintaminen lähtötietomalliksi. Lähtötietomalli koostuu hankkeen digitaaliseen muotoon tallennetuista lähtötiedoista, joita voivat olla esimerkiksi maasto- tai maaperämalli, viranomais selvitys tai erilaiset 2D- ja 3D-aineistot (Salmi 2015). Esimerkiksi tiehankkeissa yleisiä lähtötietoja ovat muun muassa alueen liikennetiedot, maaperätutkimukset sekä maastokartoitukset. Lähtötietomalli on syytä koostaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jonka jälkeen se kulkee hankkeen mukana jatkuvasti päivittyen uusien lähtötietojen osalta.

Geoteknisessä tietomallinnuksessa lähtötietomallina käytetään usein pohjatutkimusten avulla muodostettuja maaperä- ja maastomalleja. Maaperämalli on digitaalinen malli maanpinnan alapuolesta, ja se sisältää maalajikerrosten likimääräiset rajapinnat sekä mahdollisesti myös tietoja materiaaliominaisuuksista ja vesipitoisuuksista (Serén 2014 s. 9). Maastomalli tarkoittaa kolmioverkosta ja sen taiteviivoista, pisteistä ja ominaisuustiedoista muodostuvaa, digitaalisessa muodossa esitettyä maanpintaa ja sen rakenteita kuvaavaa pintamallia (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a s. 8). Tietomalli voidaan luoda myös jo olemassa olevalle rakennukselle tai infrastruktuurille mittaamalla ja skannaamalla olemassa olevaa kohdetta ja muodostamalla saadusta datasta ensimmäinen karkea, pintageometriaa kuvaava tietomalli (Sitowise 2021).

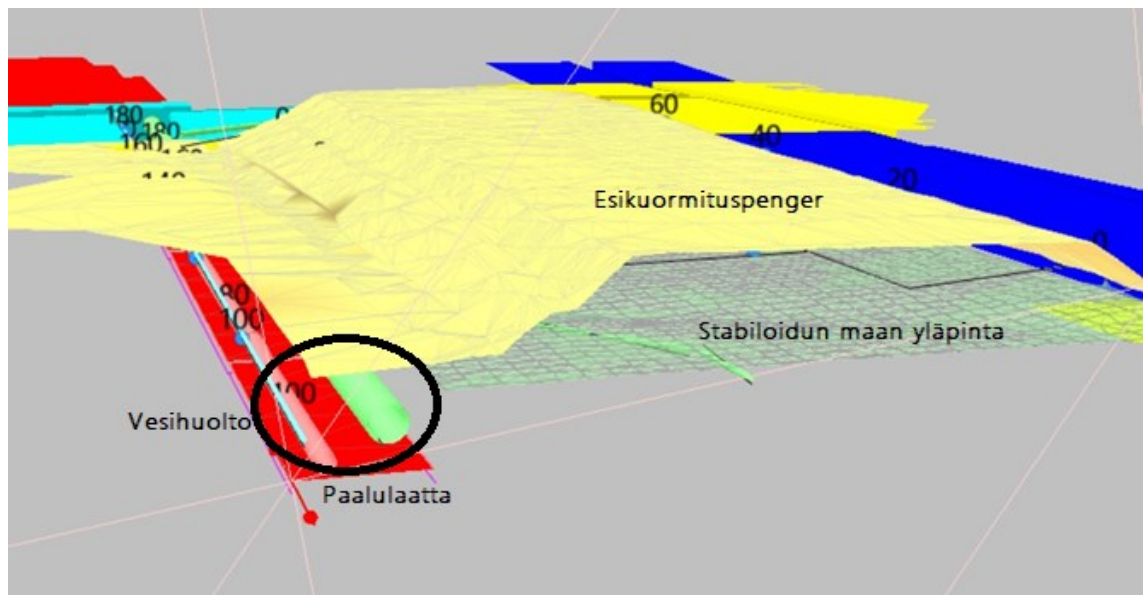
Nurmijärven Viirinlaaksoon suunniteltiin vesihuollon runkolinja vuonna 2015 (kuva 2). Suunnitelmapiirroksen poikkileikkauskuvassa näkyvät vesijohto, jätevesiviemäri ja sadevesiviemäri. Kuvassa on esitetty myös vesihuollon alla sijaitseva paalulaatta sekä

esikuormituspenkereiden vaiheet 1 ja 2. Nämä ovat esimerkkejä geoteknisessä suunnittelussa käytettävistä lähtötiedoista.



Kuva 2. Nurmijärvelle suunnitellun Viirinlaakson liityntäpysäköintialueen lähtötietona käytetty vuonna 2015 suunnitellun vesihuollon runkolinjan (VJ, JVV, SVV) suunnitelma (Ramboll Finland Oy 2015).

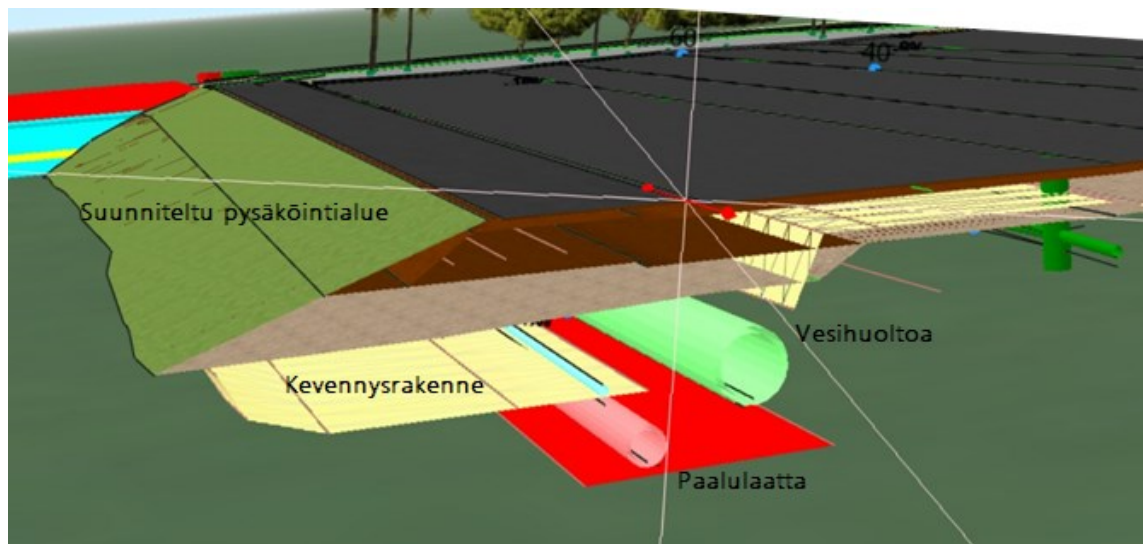
Kuvan 2 suunnitelmien toteuma todettiin rakenteiden rakentamisen aikana suoritettujen tarkemittausten avulla. Vesihuoltolinjasta, paalulaatasta sekä esikuormituspenkereistä maastomitattua tarkeaineistoa käytettiin vuonna 2019 suunnitellun Viirinlaakson liityntäpysäköintialueen lähtötietona. (Isometsä 2021) 3D-pisteistä sekä taiteviivoista muodostuvan tarkemittausaineiston avulla nykyinen tilanne voitiin mallintaa lähtötiedoksi suunnittelujärjestelmään eli muodostaa lähtötietomalli (kuva 3).



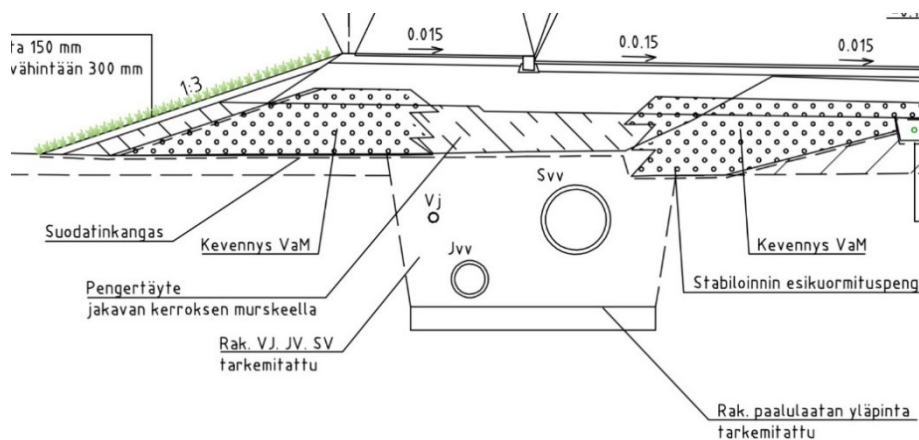
Kuva 3. Nurmijärven Viirinlaakson liityntäpysäköintialueen lähtötietojen ja maastomittausten avulla muodostettu lähtötietomalli. Kuvassa ympyröitynä toteutunut vesihuoltolinja. (Ramboll Finland Oy 2019)

Suunnittelijan tuottamaa, mallipohjaista luonnosta kohteen suunnitteluratkaisuihin kutsutaan suunnitelmamalliksi. Suunnitelmamalleja luodaan kaikilla tekniikan aloilla sekä useissa eri projektivaiheissa (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a). Kun suunnitelmamalleja jatkjalostetaan Yleisten inframallivaatimusten mukaisesti, tuotetaan rakennussuunnitelmamalleja: rakennussuunnitelmamalli on tietomalli, joka sisältää yksityiskohtaista informaatiota rakenteiden ja rakennusosien ominaisuuksista ja geometriasta. Kun rakennussuunnitelmamalli hyväksytään, tulee siitä hankkeen toteutusmalli. Toteutusmalli voi sisältää tietoja esimerkiksi hankkeen aikataulusta ja kustannuksista (Kylmä 2015).

Kuvassa 4 esitetään 3D-poikkileikkauskuva Viirinlaakson liityntäpysäköintialueen suunnitelmamallista. Mallissa näkyvät olemassa olevien rakenteiden (paalulaatta ja vesihuolto) lisäksi suunniteltu pysäköintialue sekä pysäköintialueen vaahtolasimurskeesta koostuva kevennysrakenne. Suunnitelmamallit olivat lähtökohtana kohteesta laadittaville suunnitelmapiirustuksille, joista ote kuvassa 5.



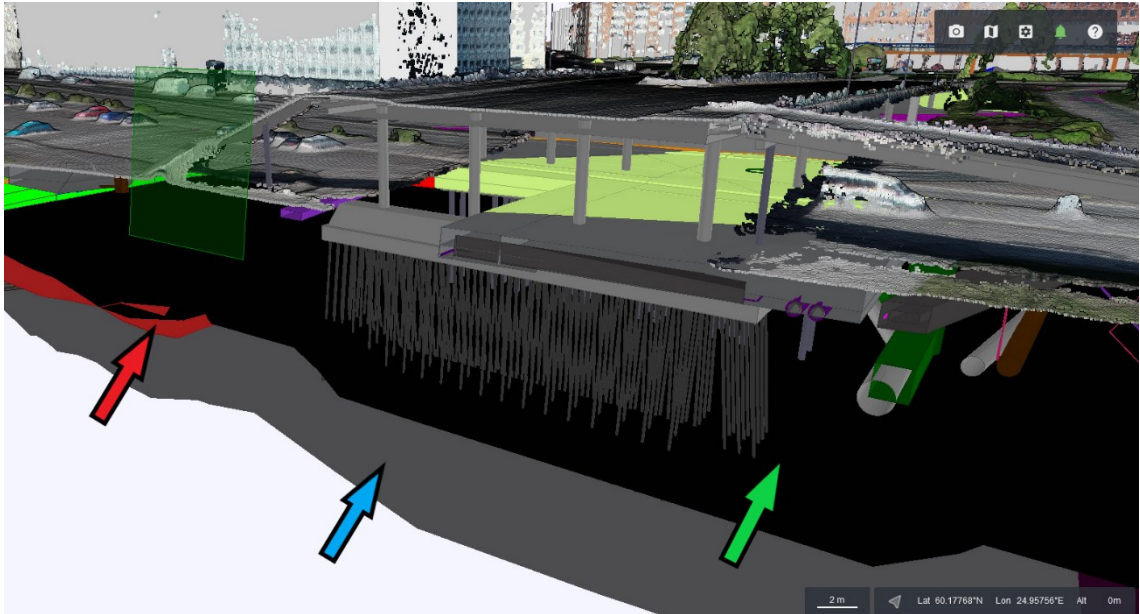
Kuva 4. 3D-poikkileikkauskuva Nurmijärven Viirinlaaksoon suunnitellun pysäköintialueen suunnitelmamallista rakenteineen (Ramboll Finland Oy 2019).



Kuva 5. Ote Viirinlaakson liityntäpysäköintialueen suunnitelmamallin perusteella laadituista suunnitelmapiirustuksista (Ramboll Finland Oy 2019).

Suunnitelma- tai toteutusmallien perusteella voidaan luoda myös esimerkiksi työkonien ohjausjärjestelmissä hyödynnettävä koneohjausmalli, joka koostuu useimmiten viiva-, piste- ja pintamaisista aineistoista sekä näiden yhdistelmistä (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a s. 7). Kun kalliopinta- ja maaperämalli, maastomalli,

olemassa olevien rakenteiden mallit sekä eri suunnitelmamallit yhdistetään, saadaan keskinäisten mallien yhteensopivuutta ja vuorovaikutusta kuvaavaa yhdistelmämalli (Kylmä 2015). Kuva 6 on esimerkki yhdistelmämallista.



Kuva 6. 3D-poikkileikkauskuva yhdistelmämallista, jossa esitettynä mallinnettuja lähtötietoja. Punaisella nuolella osoitettu tulkittu saven alapinta, sinisellä nuolella osoitettu tulkittu kallionpinta ja vihreällä nuolella osoitettu nykyinen täytön alapinta. Kuvassa myös nykyisiä verkstorakenteita, nykyinen silta sekä laserkeilattu maanpinta. (Kruunusillat-allianssi 2021)

Käytännössä prosessi eri tietomallien välillä voi edetä esimerkiksi seuraavalla tavalla:

1. Suunnittelija suunnittelee tietomallipohjaisesti eli luo suunnitelmamallin
2. Suunnittelija luovuttaa aineistoa Yleisten inframallivaatimusten mukaisesti eteenpäin, jolloin hän laati rakennussuunnitelmamallin
3. Hankkeen päätoteuttaja vastaanottaa, tarkastaa ja hyväksyy rakennussuunnitelmamallin, jolloin siitä tulee hankkeen toteutusmalli
4. Toteutusmallista luodaan koneohjaukseen soveltuvaa aineistoa.

2.2 Ohjaavat säännökset

Tietomallintamisen tiedonhallinnan niin kutsutun kolmikannan muodostavat mallinnusvaatimukset, nimikkeistö ja tiedonsiirtoformaatit. Tietomallintamista ohjaavat Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012 sekä Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019. Näiden lisäksi mallintamista ohjaavat InfraBIM-nimikkeistö sekä tiedonsiirtoformaattien määrittelyt. Kaikkiin hankkeisiin sovellettavaa universaalia ohjeistusta ei kuitenkaan ole, vaan hankkeen luonne määrittelee sovellettavat ohjeistukset. Esimerkiksi siltasuunnittelussa käytetään Väyläviraston (ent. Liikennevirasto) Siltojen tietomalliohjetta (Liikenneviraston ohjeita 6/2014) ja tie- ja ratahankkeissa Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjetta (Liikenneviraston ohjeita 12/2017).

2.2.1 Yleiset vaatimukset

YTV 2012 luotiin COBIM-kehittämishankkeen tuloksena vastaamaan rakennusalan nopeasti kasvaviin tietomallintamisen käyttötarpeisiin. Sen tarkoituksena on määritellä eri osapuolille täsmällisesti, mitä mallinnetaan ja miten mallintaminen suoritetaan. (Henttinen 2012 s. 9)

YTV 2012 koostuu yleisestä osasta sekä kahdeksasta eri alueita käsittelevästä osiosta, joita ovat muun muassa arkkitehtisuunnittelu, talotekninen suunnittelu, määrälaskenta ja energia-analyysit. Näiden osien lisäksi ohje käsittelee tietomallipohjaisen projektin johtamista sekä tietomallien hyödyntämistä rakennuksen käytössä ja ylläpidossa sekä rakentamisessa ja rakennusvalvonnassa.

YTV 2012 kattaa rakennusten käytön ja ylläpidon sekä uudis- ja korjausrakentamiskohteet. Se esittää mallinnukselle ja mallien tietosisällölle vähimmäisvaatimukset, jotka on tarkoitettu noudatettavaksi kaikissa niissä rakennushankkeissa, joissa niitä halutaan käyttää. Vähimmäisvaatimusten lisäksi on olemassa erilaisia lisävaatimuksia, joita voidaan esittää tapauskohtaisesti.

YIV 2019:ää ja YTV 2021:n osaa 15 käsitellään tarkemmin luvussa 3. Geotekninen tietomallintaminen rakennuskohteissa ja sen alaluvuissa 3.1 Infrarakennuskohteet ja 3.2 Talonrakennuskohteet. YTV 2012:ssa esitettyjen yleisten ohjeiden sekä infra- ja talonrakennushankkeiden tietomalliohjeiden välillä esiintyy joitain eroavaisuuksia, joihin palataan kohdassa 4. Ohjeistusten vertailu.

2.2.2 InfraBIM-nimikkeistö ja sanasto

InfraBIM-nimikkeistö on nimikkeistö, joka esittää inframallien ja -rakenteiden elinkaaren numerointi- ja nimeämiskäytännöt. InfraBIM-nimikkeistö on luotu Infra2015-rakennusosanimikkeistön pohjalta. Nimikkeistössä esitetään väylärakenteiden (katu, tie, rata, vesiväylä) pintojen ja taiteviivojen nimeämis- ja numerointikäytännöt. Esimerkiksi perustusrakenteista löytyy seuraavanlaisia rakennusosia: 131000 Maanvaraiset perustukset, 131100 Anturaperustukset, 132000 Paaluperustukset. Pohjarakenteista löytyvät nimeämiskäytännöt esimerkiksi routaeristeille (142100), injektoiduille maarakenteille (141400) ja salaojaputkille (143100). InfraBIM-nimikkeistö opastaa myös väylärakenteiden kuvaamisessa, attribuuttien käytössä sekä rakennepintojen määrittelyssä. Kuvassa 3 esiintyvät seuraavat InfraBIM-nimikkeistön geotekniset rakenneosat: 181600 Esikuormituspenkeri, 132200 Paalulaatta, 141300 Stabiloitunut maarakenteet. (InfraBIM-nimikkeistö 2019)

InfraBIM-sanasto on inframallintamisen käsitteistön määrittelyyn keskittynyt sanasto, jonka tarkoituksena on määritellä erityisesti infrarakentamiseen liittyvää terminologiaa erityisesti mallintamisen, tiedonsiirron ja tiedon yhteiskäytön sekä standardoinnin osalta. Infrarakentamisen lisäksi sanasto sisältää myös talonrakennuskohteisiin ja paikkatietoon liittyvää terminologiaa. Sanasto koostuu lyhyestä sekä pitkästä sanastosta, joista lyhyempi sisältää merkittävimmät termit sekä lyhenteet määrittelyineen. Sanaston lähteenä on käytetty muun muassa Rakennusten tuotemallintamisen sanastoa sekä Geoinformatiikan sanastoa. (Serén 2014) On kuitenkin huomioitava, että osa sanaston käsitteistä on vanhentuneita, eikä vastaa esimerkiksi YIV 2019:ssä esitettyjä käsitteitä. InfraBIM-sanasto tullaankin päivittämään tulevaisuudessa. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a, s. 8)

3 GEOTEKNINEN TIETOMALLINTAMINEN RAKENNUSKOhteissa

3.1 Infrarakennuskohteet

Infrahankkeissa tietomallintamisen ohjeistuksena käytetään Yleisiä inframallivaatimuksia eli YIV 2019:ää. Infrakohteiden ohjeistus kattaa suuren määrän eri kokoisia hankekokonaisuuksia aina suurista väylähankkeista pienempiin, aluekohtaisiin projekteihin. Huomioitavaa on kuitenkin, että ohjeistuksen pääpainopiste on edelleen väyläpohjaisissa hankkeissa ja niiden mallintamisessa.

Geoteknisestä näkökulmasta huomionarvoisia asioita YIV 2019:ssä ovat ohjeessa esitetyt vaatimukset muun muassa maastomallille, maa- ja kallioperämalleille sekä pohjatutkimuksille. Vaatimukset määrittelevät esimerkiksi sen, millaisia kallioperän ominaisuuksia kallion materiaalimallin täytyy kuvata, millaisia tekijöitä maaperämallin muodostamista varten täytyy selvittää ja millaisia tarkastustoimenpiteitä lähtötietoaineiston laatijan tulee geoteknisille aineistoille suorittaa. YIV 2019 ohjeistaa käyttämään pohjatutkimuksien suorittamisessa muun muassa seuraavia ohjeistuksia ja standardeja: Infra-pohjatutkimusformaatti, Standardi SFS-EN ISO 22475-1 Geotekninen tutkimus ja koestus, Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, Suunnitteluvaiheen ohjaus, Liikenneviraston ohje 10/2015 (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a s. 64).

Inframallintamishanke koostuu esi- ja tarveselvitysvaiheesta, yleissuunnitelmavaiheesta, viranomaiskäsittelyvaiheesta ja rakennussuunnitelmavaiheesta. Infrarakentamiskohteissa mallinnettavia komponentteja ja mallinnustarkkuuksia on eritelty YIV 2019:n liitteessä 3.1. Luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimukset. Koska YIV 2019 kattaa hyvin monen kokoiset ja monen luonteiset infrarakennuskohteet, täydennetään YIV 2019:ssä esitettyjä mallinnusohjeita hankekohtaisesti esimerkiksi Liikenneviraston Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeella tai Siltojen tietomalliohjeella.

Esi- ja tarveselvitysvaiheessa yksiselitteisten mallinnusohjeiden antaminen on vaikeaa, sillä tuotettava aineisto vaihtelee hankekohtaisesti hyvin paljon ja mallinnuksen pääpaino onkin esi- ja tarveselvitysvaiheessa esimerkiksi sidosryhmätyöskentelyssä ja vaihtoehtovertailujen havainnollistamisessa (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a s. 16). Esi- ja tarveselvitysvaiheessa lähtötieto on useimmiten yleispiirteistä, ja

havainnekuvia sekä 3D-mallintamisesta tehdään vain merkittävimmistä kohteista hankekohtaisesti. Esi- ja tarveselvitysvaiheen lähtötietoaineisto koostuu muun muassa karkeasta maanpintamallista, maa- ja kallioperäkartoista sekä maaperätutkimuksista. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a s. 64-65)

Yleissuunnitelmavaiheessa esi- ja tarveselvitysvaiheessa tehtyä lähtötietoaineistoa tarkennetaan, mutta lähtötiedot ovat edelleen yleispiirteisiä eikä mallinnustarkkuutta juurikaan lisätä. Yleissuunnitelmavaiheessa inframalli muodostetaan sillä tarkkuudella, että sen avulla voidaan tutkia keskeistä geometriaa ja tilavarauksia sekä arvioida massataloutta (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a s. 16). Suurin osa infrarakennushankkeiden yleissuunnitelmavaiheen maa-, pohja- ja kalliorakenteiden mallinnoista sovitaan hankekohtaisesti (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019b).

Infrarakennushankkeissa yleissuunnitelmavaihetta seuraa viranomais- eli tie-, rata-, katu- ja puistosuunnitelmavaihe. Hankevaiheen tavoitteena on tarkentaa mallinnustarkkuutta siten, että tila- ja aluevarauksien tekeminen on mahdollista, varmistaa ratkaisujen toteuttamiskelpoisuus sekä tuottaa hyväksyttävä suunnitelma (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a s. 17). Viranomaiskäsittelyvaiheessa lähtötietoaineistoa tarkennetaan niin, että maastomalli sekä maa- ja kallioperämallit ovat yksiselitteisiä ja tarkkuustasoltaan pääosin riittäviä rakennussuunnitelmavaiheessa hyödyntämistä varten (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a s. 66-67).

Rakennussuunnitelmavaiheen tarkoituksena on tuottaa kohteen rakentamisessa tarvittava aineisto riittävän mallinnustarkkuuden sekä teknisten yksityiskohtien ratkaisun ja suunnittelun avulla. Tavoitteena on, että rakennussuunnitteluvaiheessa tuotettu malli, rakennussuunnitelma- eli RS-malli, on yhteensovitettu, virheetön ja kattava. RS-mallissa kaikki hankkeen rakennusvaiheessa tarvittavat rakenteet ja rakenneosat sekä -kerrokset on esitetty yksityiskohtineen niin, että mallintaminen tukee yhteensovittamista, havainnollistamista, määrä- ja kustannuslaskentaa sekä työmaan toimintoja, kuten aikataulutusta, resurssihankintaa, laadunvarmistusta ja koneautomaatiota. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a s. 18)

3.2 Talonrakennuskohteet

Talonrakennuskohteiden geotekninen tietomallintaminen on merkittävässä kehitysvaiheessa, sillä talogeotekniikan tietomallintamista ohjaava **YTV 2021:n osa 15: Talogeotekniikka, suunnittelu ja rakentaminen** on otettu kokeilukäyttöön kuluneen vuoden aikana. Talogeotekniikan tietomalliohjeen tarkoituksena on auttaa talo- ja infrahankkeiden sekä näiden ohjeistusten välisessä rajanvedossa (Arola 2021).

Osa 15 luotiin täydentämään tietomalliohjeistusten joukkoa, sillä nykyiset YTV 2012 ja YIV 2019 eivät huomioineet talogeotekniikan tietomallintamista ja sen erityispiirteitä. Talogeotekninen tietomallintaminen poikkeaa infran geotekniikan tietomallintamisesta, eivätkä Yleiset inframallivaatimukset olekaan suoraan sovellettavissa talogeotekniikan ohjeistuksiksi. Osa 15 ohjeistukset on luotu tämänhetkisten käytäntöjen mukaisesti ja ohjetta tullaan päivittämään projektisuunnitelman mukaisesti osaamisen ja työvälineiden kehittyessä. Ohje on luotu YIV 2019:n pohjalta ja se täydentää YTV 2012 ja YIV 2019 -ohjekokonaisuuksia. Ohjetta voidaan käyttää sekä erillisenä osanaan että rinnakkain YTV 2012:n ja YIV 2019:n kanssa. Talogeotekniikan tietomalliohje sisältää tietomallipohjaisen hankkeen vähimmäisvaatimukset sekä alalla tunnistetut edellytykset toimivan hankkeen läpiviemiseksi. Näiden lisäksi se sisältää ohjaavia käytäntöjä sekä suositeltuja toimintatapoja, jotka eivät kuitenkaan ole välttämättömiä vaatimuksia. (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a)

Talokohteissa geotekninen suunnittelu tuottaa tavallisesti muun muassa seuraavat lähtötietoaineistot: maaperämalli, kallionpintamalli, nykyiset rakenteet ja pohjanvahvistukset, pohjatutkimukset sekä toteutetut kaivut ja täytöt. Talokohteiden geoteknistä tietomallintamista tarkasteltaessa on huomioitava, että selvää rajaa geotekniikan ja rakennesuunnittelun välille ei ole tehty, vaan hankekohtaisesti geoteknisiä rakenteita (esimerkiksi paalut, tukiseinät, täytöt) voivat suunnitella ja mallintaa sekä rakenne- että geotekniset suunnittelijat. Tästä syystä vastuun jakaminen on tärkeää sopia jo hankkeen alussa. Mikäli erillistä jakoa ei sovita, voidaan mallinnusvastuissa käyttää YTV 2021 osa 15:stä löytyvää ehdotusta. (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a, s. 37)

Talohankkeiden geotekninen tietomallinnus aloitetaan tarveselvityksestä, jossa mallinnusta käytetään alustavien määrälaskentojen ja tilavarauksien tekemisen

apuvälineenä. Mallinnustarkkuus on karkea ja palvelee lähinnä alustavien laskelmien tekemistä. (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a s. 39)

Tarveselvitysvaihetta seuraa ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe, jossa mallinnuksen tasoa tarkennetaan ja malleja käytetään muun muassa määrälaskennoissa, tilavarauksissa sekä törmäystarkasteluissa (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a s. 40). Vaiheen tarkoituksena on luoda karkeita suunnitelmia, joista valittua perusratkaisua lähdetään kehittämään sekä valmistelemaan toteutussuunnittelua varten (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a s. 13).

Kolmas vaihe on toteutussuunnitteluvaihe, jossa mallinnus saatetaan tarkkuudeltaan sille tasolle, että tuotettuja malleja voidaan hyödyntää rakentamisessa. Toteutussuunnitteluvaiheen malleja käytetään muun muassa merkintämittauksiin, työmaasuunnitteluun, koneohjaukseen ja rakenneosakohtaiseen määrälaskentaan. (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a s. 41)

4 GEOTEKNISTEN TIETOMALLIOHJEISTUSTEN VERTAILU

4.1 Yleiset asiat

Infra- ja talonrakennuskohteiden ohjeistukset poikkeavat toisistaan jossain määrin sekä mallikohtaisten vaatimusten, että tiedonhallinnan kolmikannan osalta. Esimerkiksi käytettävä tiedonsiirtoformaatti vaihtelee riippuen siitä, minkälainen hanke on kyseessä: infrakohteissa pääsääntöisesti käytettävä tiedonsiirtoformaatti on Inframodel, talokohteissa IFC. Talogeotekniikan tiedonsiirron formaattina käytetään IFC:n lisäksi myös Inframodel-sisällön mukaista LandXML:ää. Inframodelin käyttö mahdollistaa standardoidut prosessit siihen, että suunnitelma- tai rakennussuunnitelmamalleja voidaan hyödyntää koneohjausaineiston laadinnassa sopivaan formaattiin. Näiden lisäksi talogeoteknisessä mallinnuksessa voidaan käyttää myös paikalleenmittausaineistoa, jonka tiedonsiirron formaattina toimii useimmiten Inframodel ja dwg. (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a, s. 20) Näiden lisäksi geoteknisessä tietomallinnuksessa tiedonsiirtoformaattina käytetään kansallista, maaperätutkimusten siirtämiseen tarkoitettua Infra-pohjatutkimusformaattia.

Eroja on myös käytettävän koordinaatiston sekä mittayksiköiden välillä. YTV 2012:n ohjeiden mukaan koordinaatistona käytetään projektille määritettyä projektikoordinaatistoa, jonka origo sijaitsee lähellä mallinnettavaa rakennusta (Henttinen 2012 s. 7). Talokohteiden geotekninen suunnittelu sen sijaan tehdään talogeotekniikan tietomalliohjeen mukaisesti kunnan tasokoordinaatistoon eli niin sanotusti ”oikeaan maailmaan” (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a s. 21). Vastaavasti vuoden 2012 yleisten tietomallivaatimusten mukainen tiedonsiirron ja luovutettavan aineiston mittayksikkö on millimetri, kun taas YIV 2019:ssa ja talogeotekniikan tietomallintamisohjeissa ohjataan käyttämään metrejä (Henttinen 2012 s. 7, Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a s. 35, Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a s. 21). Koska talogeotekniikan tietomalliohjeen ja talonrakennushankkeiden ylätasoin ohjeena toimivan YTV 2012:n ohjeistukset poikkeavat toisistaan merkittävästi käytettävän koordinaatiston ja mittayksiköiden välillä, syntyy talonrakennushankkeisiin jossain määrin haasteita.

Infrakohteissa InfraBIM-nimikkeistön käyttäminen on ehdoton vaatimus ja infrarakennushankkeiden rakenneosat nimetään aina InfraBIM-nimikkeistön mukaisilla rakenneosakoodilla (YIV2019 s. 38). Nimikkeistö ei kuitenkaan sellaisenaan palvele täysin talogeotekniikan tarpeita: nimikkeistö sisältää koodaukset talogeotekniikan pintamaisille kohteille, mutta georakenteiden ja rakenteiden eri osien nimeäminen on haasteellista pelkkää InfraBIM-nimikkeistöä käyttämällä, sillä nimikkeistö ei sisällä koodauksia kaikille geoteknisille komponenteille, kuten tukiseinien ankkureille. Talogeoteknisissä hankkeissa käytettävä nimikkeistö (InfraBIM-nimikkeistö, tilaaja-/hankekohtaiset nimikkeistöt) sovitaankin hankkeen alussa. YTV 2021 osa 15 ohjaa kuitenkin käyttämään InfraBIM-nimikkeistöä; mikäli mallille ei löydy InfraBIM-nimikkeistön mukaista nimikettä, tulee mahdolliset poikkeamat dokumentoida tietomalliselostukseen. (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a s. 23)

4.2 Mallinnusvaatimukset sekä luovutettava geometria

Yleisten asioiden lisäksi talo- ja infrarakennuskohteiden tietomallinnuskäytännöissä on eroja myös mallinnettaviin kohteisiin, mallinnuksen tarkkuuteen ja mallinnusvaatimuksiin liittyen. Koska talonrakennuskohteiden ja infrarakennuskohteiden esisuunnittelun hankevaiheet eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia hankevaiheiden luonteesta johtuen, keskitytään tässä osiossa vertailemaan talogeotekniikan toteutussuunnittelu- ja inframallintamisen rakennussuunnitelmavaiheen keskinäisiä eroavaisuuksia.

Mallinnusvaatimusten tarkkuudessa esiintyy eroja infrarakennus- ja talogeotekniikan tietomalliohjeiden välillä molemminpuolisesti. YIV 2019 esittää esimerkiksi infrarakennuskohteiden pohjaveden suojausrakenteille huomattavasti useampia ja tarkempia mallinnusvaatimuksia kuin YTV 2021 talonrakennuskohteille. Yleiset inframallivaatimukset asettavat erillisiä mallinnusvaatimuksia esimerkiksi suojausrakenteiden suojausverhouksen sekä suoja- ja salaojakerrosten mallintamiseen, kun taas talogeotekniikan tietomalliohjeistus ei erittele suojausrakenteiden eri osien mallintamista, vaan ohjeistaa yleispiirteisesti mallintamaan pohjavedensuojauksen pintana tai tilavuuskappaleena.

YIV 2019 asettaa YTV 2021:tä tarkempia mallinnusvaatimuksia myös esimerkiksi pontti-, setti- ja porapaaluseinille. Vastaavasti talogeotekniikan tietomalliohjeessa on

määritelty YIV 2019:ää tarkemmin muun muassa erilaisten kaivantojen tukirakenteiden mallintaminen. Talogeotekniikan tietomalliohje ohjeistaa esimerkiksi erittelemään kallioankkureiden maa- ja kallioporausten osuudet sekä maa-ankkureiden tartunnan osuuden. YIV 2019 ohjeistaa ainoastaan mallintamaan tukirakenteet tilavuuskappaleena tai pintana.

Ohjeistukset poikkeavat myös siinä, mitä hankkeissa vaaditaan mallinnettavaksi. Talogeotekniikan tietomalliohjeen mukaan putki- ja johtokaivantojen sekä rumpukaivantojen mallintaminen on pakollista, ja mallinnus suoritetaan luiskineen pintana tai hankekohtaisesti sovittaessa tilavuuskappaleena. YIV 2019 sen sijaan ei edellytä putki-, johto- tai rumpukaivantojen mallinnusta lainkaan, vaan niiden mallintaminen on hankekohtaisesti sovittavissa. Vastaavasti esimerkiksi elementtitukien mallintaminen on rakennussuunnitelmaluvaiheessa YIV 2019:n mukaan pakollista, mutta talogeotekniikan hankkeissa hankekohtaisesti sovittavissa. Maa- ja louhepenkereitä mallinnettaessa toteutussuunnitteluvaiheessa luotu malli sisältää hankkeen luonteesta riippuen talogeotekniikan tietomalliohjeen mukaan myös penkereiden eri kerrokset, kun taas infrarakennushankkeissa penkereiden kerroksia ei YIV 2019:n mukaan mallinneta lainkaan.

Talogeotekniikan tietomalliohje ei käsittele arinarakenteiden lisäksi muiden perustusrakenteiden mallintamista ollenkaan, toisin kuin Yleiset inframallivaatimukset, jossa esitetään erilliset mallinnusohjeet muun muassa antura- ja laattaperustuksille, lyöntipaaluille sekä paalulaatoille ja -hatuille. Talogeotekniikan tietomalliohje ei käsittele edellä mainittujen perustusrakenteiden mallintamista, sillä talokohteissa kiinteiden ja pysyvien rakenteiden, kuten perustusten, mallintaminen kuuluu pääasiallisesti rakennesuunnittelijan vastuulle geosuunnittelijan sijaan (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a s. 37).

Ohjeistusten välillä esiintyy eroavaisuuksia myös tiedonsiirron luovutettavan geometrian osalta. Esimerkiksi salaojaputket mallinnetaan infrarakennuskohteissa YIV 2019:n mukaisesti xyz-solmupisteiden välisenä taiteviivana ja rumpuputket joko 3D- tai taiteviivana, kun taas talonrakennuskohteissa molemmat mallinnetaan talogeotekniikan tietomalliohjeen mukaisesti tilavuuskappaleena. Vastaavasti salaojien tarkastuskaivot mallinnetaan Yleisten inframallivaatimusten mukaisesti 3D-pisteinä ja talogeotekniikassa tilavuuskappaleina. Toisaalta esimerkiksi massanvaihtoon kuuluvien

kaivantojen sekä esikuormitusrakenteiden mallintaminen suoritetaan molempien ohjeistusten mukaan ensisijaisesti pintana, mutta infrarakentamishankkeissa luovutusaineiston täytyy molemmissa tapauksissa sisältää myös pinnan muodostavat taiteviivat.

Taulukkoon 1 on kerätty Yleisen inframallivaatimusten ja talogeotekniikan tietomalliohjeen välisiä eroavaisuuksia. Taulukossa vihreä P-kirjain tarkoittaa pakollista mallintamista ja keltainen H-kirjan hankekohtaisesti sovittavaa mallintamista. Taulukkoon on koottu sanallisesti eroavaisuudet mallintamiskäytäntöjen välillä. Kaikki yhteneväisten rakenneosien väliset eroavaisuudet löytyvät kandidaatintyön liitteestä 1.

Taulukko 1. Eroavaisuuksia YTV 2021:n ja YIV 2019:n geoteknisten rakenneosien mallintamisen välillä toteutussuunnittelu ja rakennussuunnitelmavaiheessa. Vihreällä merkittyjen rakenneosien mallintaminen on pakollista (P), keltaisella merkittyjen hankekohtaisesti sovittavissa (H).

RAKENNEOSA	YTV2021	YIV2019	EROAVAISUUDET
162100 Putki- ja johtokaivannot	P	H	YTV2021: Mallinnus pintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. Tuetuissa kaivannoissa kaivanto mallinnetaan tukiseinälinjan keskilinjaan saakka. YIV2019: Mallinnus pintana, alapintana jos yli 2m pitkä tonttiliittymä.
162200 Rumpukaivannot	P	H	Samoin kuin edellisessä.
162400 Rakennus- ja siltakaivannot	P	P	YTV2021: Mallinnus pintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. Tuetuissa kaivannoissa kaivanto mallinnetaan tukiseinälinjan keskilinjaan saakka. YIV2019: Mallinnus pintana. Luovutusaineiston sisällettävä myös pinnan muodostavat taiteviivat.
162500 Massanvaihtoon kuuluvat kaivannot	P	P	Samoin kuin edellisessä.
163100 Elementtituet	H	P	YTV2021: Mallinnus tilavuuskappaleena. Korkeustietona seinän yläpää. YIV2019: Mallinnus pintana tai tilavuuskappaleena. Korkeustietona seinän yläpää ja laskennallinen alapää. Pysyvät ankkurit ja ankkuripalkit mallinnetaan 3D-taiteviivoina tai tilavuuskappaleina.

Yleisesti ottaen YIV 2019 vaatii useissa tapauksissa myös taiteviivojen sisällyttämistä luovutusaineistoon, kun taas talonrakennuskohteissa komponentit voidaan hankekohtaisesti mallintaa myös tilavuuskappaleina infrarakennuskohteita useammin. Ero tilavuuskappaleina mallintamisen välillä selittynee sillä, että infrarakennushankkeiden tiedonsiirtoformaattina käytetty Inframodel ei sovellu tilavuuskappaleiden siirtämiseen samalla tavalla kuin talonrakennuskohteiden tiedonsiirtoformaattina käytetty IFC. Niiltä osin, joilta YIV 2019 vaati mallintamista tilavuuskappaleina, tiedonsiirron formaattina käytetään dwg:tä tai IFC:tä. (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019b, Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021b)

5 GEOTEKNIIKAN TIETOMALLINNUKSEN TULEVAISUUS

Tietomallintaminen ja siihen liittyvät prosessit kehittyvät nopealla tahdilla, joten myös mallintamista ohjaavat ohjeistukset ja säännökset muuttuvat. Koska talogeotekniikan tietomalliohje on vasta koekäytössä, on tärkeää huomata, että ohjeen lopullinen muoto sekä annettavat vaatimukset ja ohjeistukset tulevat vielä muuttumaan ja mukautumaan, kun ohjetta päivitetään, korjataan ja täydennetään annettujen kommenttien ja palautteiden perusteella sekä käyttötapausten esimerkeillä ja tilaajaohjeilla. Ohjeen kehittämiseen yhdistetään myöskin käynnissä oleva nimikkeistötyö, ja ohjeeseen tullaan lisäämään rakennusosien nimikkeitä sekä koodeja. (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a) Eräs tärkeä tulevaisuuden tavoite on ottaa geotekninen mallintaminen osaksi tietomallipohjaista talosuunnittelua jo heti suunnitteluprosessin alkuvaiheessa: tällä hetkellä ylätasolla talonrakennushankkeita ohjaavat vaatimukset eivät huomioi talogeoteknisen suunnittelun tarpeita tai erityispiirteitä. Tämä asettaa turhia haasteita talonrakennuskohteiden geotekniselle suunnittelulle sekä geoteknisen suunnittelun ja ylätason talosuunnittelun yhdistämiselle (Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a s. 10).

Eräs talogeotekniikan merkittävistä muutoksista uuden tietomalliohjeistuksen myötä tulee olemaan 3D-mallinnuksen entistä laajempi hyödyntäminen 2D-mallinnuksen sijaan. Tämä vaikuttaa esimerkiksi suunnittelussa ja mallinnuksessa käytettävien ohjelmistojen käyttöön ja ominaisuuksiin, joita niiltä odotetaan. Tämän johdosta esimerkiksi Civilpoint on muutoksen myötä kehittänyt Autodesk-alustan päälle georakenteiden mallipohjaista suunnittelua sekä IFC- ja Inframodel -formaatteja tukevia ohjelmia, jotka mahdollistavat muun muassa kairaustulosten ja maalajipintojen visualisoinnin (Civilpoint Oy 2021). Koronakriisi on omalta osaltaan kiihdyttänyt rakennusalan siirtymistä kohti digitaalisten työkalujen yhä laajempaa käyttöä, mikä käy ilmi rakentamisen ohjelmistoteknologian startup-yritys Builderheadin ja rakennuttamispalveluihin erikoistuneen Boost Brothersin tekemästä selvityksestä (Aatsalo 2020). Tietomallipohjaisen suunnittelun kehittyminen ja kasvaminen avaa luonnollisesti mahdollisuuksia tarkemmalle ja tehokkaammalle suunnittelulle, mutta se synnyttää osaltaan myös haasteita, sillä käytettävien ohjelmistojen on jatkuvasti kyettävä toimimaan yhä suurempien tiedostokokojen ja yksityiskohtaisemman tiedon kanssa.

Toimivan talogeotekniikan tietomalliohjeen tuottamisen lisäksi eräs tavoite tietomallinnuksen lähitulevaisuudessa on luoda päivitetty versio Yleisistä tietomallivaatimuksista, sillä YTV 2012:ssa esitetyt ohjeet ja vaatimukset eivät enää sellaisenaan vastaa nykyaikaisia tavoitteita ja mahdollisuuksia tietomallintamisen saralla (Mannila 2020). YTV:n uudistaminen linkittyy osaltaan myöskin maankäyttö- ja rakennuslain tulevaan uudistukseen, sillä eräs lakiuudistuksen päätavoitteista on digitalisaation edistäminen esimerkiksi tietomallinnuksen laajemman hyödyntämisen kautta (Ympäristöministeriö 2021).

Tavoitteena on myös helpottaa talo- ja infrarakennuskohteiden yhteistyötä yhtenäistämällä rakennusalan tiedonsiirtoformaatteja ja standardeja (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a s. 34): Talonrakennuskohteiden tiedonsiirtoformaattina käytetyn IFC:n käyttö tullaan tulevaisuudessa ulottamaan myös infrarakennuskohteisiin (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a s. 9). Geotekninen tietomallinnus on tärkeässä asemassa infra- ja talonrakennuskohteiden ohjeistusta yhdenmukaistettaessa, sillä geotekniikka on molempia osa-alueita merkittävästi yhdistävä tekijä.

Tavoitteena on myös helpottaa tietomallinnusta prosessina niin, että hankkeissa käytetyt lähtötiedot päivittyisivät hankkeen edetessä automaattisesti erilaisiin tietokantoihin ja rekistereihin, josta ne voitaisiin hyödyntää seuraavan hankkeen lähtötietoaineistoon rajapintojen kautta (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a s. 59). Esimerkiksi Tampereen kaupungin tavoitteena on, että tulevaisuudessa kaikki pohjatutkimustieto päivittyisi automaattisesti Geologian tutkimuskeskus GTK:n avoimeen rajapintapalveluun (Oldén 2019).

Tietomallipohjaisen suunnittelun yleistyessä on tärkeää ottaa huomioon myös tilaajan ja rakennuttajan tietämys tietomallintamisesta sekä erot suunnittelijoiden taidoissa ja suunnitteluohjelmistojen laadussa. Vaikka suunnittelussa käytettävät ohjelmistot tukisivat tehokasta ja yksityiskohtaista tietomallintamista, ei tietomallipohjainen hanke tule onnistumaan täydellä kapasiteetillaan, mikäli työn tilaajan, rakennuttajan ja suunnittelijan tietämys, vaatimukset ja odotukset hankkeen suorittamisesta ovat olennaisesti eri tasoilla. Tästä syystä tulevaisuudessa pitää ohjelmistojen kehittämisen ja ohjeistusten yhtenäistämisen lisäksi kiinnittää riittävästi huomiota myös erilaisiin koulutuksiin ja tietomallipohjaisen suunnittelun opettamiseen niin, että käytössä olevista resursseista saadaan irti maksimaalinen hyöty. Suunnitteluohjelmistojen kehityksessä on

huomioitava myös erimerkiksi käytössä olevien mittalaitteiden tarkkuus sekä suunnitteluohjelmistoja käyttävien laitteistojen kapasiteetti ja tehokkuus.

6 YHTEENVETO

Tietomallipohjainen suunnittelu ja tietomallien hyödyntäminen rakennushankkeissa on tällä hetkellä jatkuvan muutoksen alla ja nopeasti kehittyvää. Infra- ja talonrakennushankkeet ovat pohjimmiltaan hyvinkin erilaisia projekteja, mutta molemmissa hyödynnetään samankaltaisia geoteknisiä lähtötietoja sekä suunnitteluperiaatteita. Koska Yleisten inframallivaatimusten ja Yleisten tietomallivaatimusten välillä löytyy useita eroavaisuuksia niin yleisten asioiden kuin mallinnusvaatimustenkin suhteen, on tulevaisuudessa tärkeää pyrkiä yhtenäistämään ohjeistusta niin, että etenkin infra- ja talonrakennushankkeiden rajatilaan sijoittuvissa hankkeissa toimiminen ja mallipohjainen suunnittelu saadaan mahdollisimman suoraviivaiseksi ja tarkoituksenomaiseksi.

Merkittävimmät eroavaisuudet infra- ja talonrakennuskohteiden geoteknisessä mallintamisessa liittyvät käytettyihin formaatteihin sekä koordinaatistoon ja tiedonsiirron vaatimuksiin koskien luovutettavaa geometriaa. Eroja esimerkiksi luovutettavan geometrian osalta saataisiin pienennettyä jo käytettäviä tiedonsiirtoformaatteja yhtenäistämällä, sillä infrakohteissa tiedonsiirtoon pääasiallisesti käytettävä Inframodel ei tällä hetkellä sovellu samanlaiseen tiedonsiirtoon esimerkiksi tilavuuskappaleiden osalta kuin talokohteissa käytettävä IFC. Suuret eroavaisuudet käytäntöjen ja ohjeistusten välillä asettavat turhaa painetta sekä haasteita toimivien ja tehokkaiden hankkeiden suorittamiselle.

Geoteknistä tietomallinnusta tarkasteltaessa on myös huomioitava, että talonrakennushankkeissa geotekniselle suunnittelulle on kokonaan oma ohjeistuksensa lähtötason mallintamisohjeen liitteenä. Tämä johtuu siitä, että geotekninen suunnittelu talokohteissa poikkeaa merkittävästi lähtötason talonrakennushankkeiden tietomallintamisesta käytettävän koordinaatiston ja mittayksiköiden osalta. Infrarakennushankkeissa geoteknisen suunnittelun ja maan yläpuolisten osien suunnittelun ohjeistus sen sijaan on yhtenäisempää, eikä geoteknisille osille ole olemassa erillistä mallinnusohjetta. Erityisesti talogeotekninen tietomallintaminen tulee kehittymään lähitulevaisuudessa, sillä talogeoteknistä tietomallintamista käsittelevä YTV 2021 osa 15 on kehitystyön alla.

Tulevaisuuden kannalta tehokkaan mallipohjaisen suunnittelun kehittäminen ja turvaaminen edellyttää erilaisten hankkeiden tietomalliohjeistuksen yhtenäistämistä, lainsäädännön tukea sekä jatkuvasti lisääntyviin vaatimuksiin vastaavia suunnitteluohjelmistoja. Yhtä tärkeää on antaa painoarvoa myös suunnitteluhankkeiden parissa toimivien henkilöiden koulutukselle ja tietomallipohjaisen suunnittelun opetuksen lisäämiselle.

Koska tietomallinnus on alana edelleen kehittyvä ja muutoksia tapahtuu jatkuvasti, voivat tietomallinnusohjeet ja -käytännöt päivittyä tai muuttua hyvinkin nopeasti. Nopeat muutokset alalla vaikuttavat oleellisesti myös tämän kandidaatintyön tulkintaan ja esitettyjen asioiden ajantasaisuuteen, mikä on huomioitava työn tarkastelussa.

LÄHDELUETTELO

Aatsalo, J., 2020. Koronakriisi kiihdyttää rakennusalan investointeja digitaalisiin työkaluihin. Rakennuslehti [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<https://www.rakennuslehti.fi/2020/09/koronakriisi-kiihdyttaa-rakennusalan-investointeja-digitaalisiin-tyokaluihin/> (viitattu 11.10.2021)

Arola, T., 2021. Koekäyttöön YTV 2021 osa 15: Talogeotekniikka, suunnittelu ja rakentaminen [verkkodokumentti]. BuildingSMART Finland. Saatavissa:

<https://buildingsmart.fi/koekayttoon-ytv-2021-osa-15-talogeotekniikka-suunnittelu-ja-rakentaminen/> (viitattu 27.9.2021)

Civilpoint Oy, 2021. Uusi talogeotekniikan tietomalliohje edellyttää 3D-mallinnuksen laajempaa käyttöä [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://civilpoint.fi/2021/10/uusi-talogeotekniikan-tietomalliohje-edellyttaa-3d-mallinnuksen-laajempaa-kaytto/> (viitattu 20.10.2021)

InfraBIM-nimikkeistö, 2019. Versio 1.72 [verkkodokumentti]. BuildingSMART Finland, 51 s. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/08/InfraBIM_nimikkeisto_v1_721.pdf (viitattu 28.9.2021)

Henttinen, T., 2012. Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012, osa 1: Yleinen osuus, versio 1.0 [verkkodokumentti], 21 s. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf (viitattu 24.9.2021)

Isometsä, J., 2021. Viirinlaakson liityntäpysäköintialue. Suunnittelija, Ramboll Finland Oy. Suullinen tiedoksianto 19.10.2021

Kruunusillat-allianssi, 2021. Helsingin Kruunusillat-projektin aineisto

Kylmälä, A., 2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä, osa 3/2015: Tietomallien hyödyntäminen tien yleissuunnittelussa. Liikennevirasto, 114 s. ISBN 978-952-317-051-3

Mannila, M., 2020. Rahapula kiusaa tietomallivaatimusten päivitystä – yli 70 toimijaa perää valtion tukea [verkkodokumentti]. Rakennuslehti. Saatavissa:

<https://www.rakennuslehti.fi/2020/12/rahapula-kiusaa-tietomallivaatimusten-paivitystylyli-70-toimijaa-peraa-valtion-tukea/> (viitattu 11.10.2021)

Oldén, V., 2019. Avoimen pohjatutkimustiedon mahdollisuudet kaupunkisuunnittelussa [verkkodokumentti]. Geofoor 49 s. 10-12. Saatavissa: https://sgy.fi/wp-content/uploads/2019/10/geofoor_numero49_netti.pdf (viitattu 8.11.2021)

Ramboll Finland Oy, 2014. Ote Nurmijärvelle suunnitellun liityntäpysäköintialueen lähtötiedoista

Ramboll Finland Oy, 2019. Nurmijärvelle suunnitellun liityntäpysäköintialueen suunnitelma-aineisto

Salmi, J., 2015. Lähtötiedot ovat inframallintamisen peruskivi [verkkodokumentti]. BuildingSMART Finland. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/lahtotiedot-ovat-inframallintamisen-peruskivi/> (viitattu 24.9.2021)

Serén, K. 2014. InfraBIM-sanasto, versio 0.7 [verkkodokumentti], 50 s. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM_Sanasto_0-7.pdf (viitattu 6.10.2021)

Sitowise, 2021. Tietomallinnus – BIM [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.sitowise.com/fi/digitaaliset-palvelut/teknologiat/tietomallinnus-bim> (viitattu 22.9.2021)

Ympäristöministeriö, 2021. Maankäyttö- ja rakennuslaki uudistuu [verkkodokumentti]. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://mrluudistus.fi> (viitattu 11.10.2021)

Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019a, 2021. Yleiset asiat, lähtötiedot, suunnittelu, rakentaminen, versio 2.1 [verkkodokumentti]. BuildingSMART Finland, 137 s. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2021/10/Yleiset_inframallivaatimukset.pdf (viitattu 24.9.2021)

Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019b, 2021. Liite 3.1: Luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimukset [verkkodokumentti]. BuildingSMART Finland, 125 s. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/wp->

content/uploads/2021/10/YIV_Liite_3.1_Luovutusaineiston_tiedonsiirron_vaatimukset.pdf (viitattu 17.10.2021)

Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021a, 2021. Osa 15: Talogeotekniikka, suunnittelu ja rakentaminen. BuildingSMART Finland, 58 s.

Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2021b, 2021. Osa 15 liite 1: Luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimukset. BuildingSMART Finland, 76 s.

Liite 1. Taulukko YTV 2021:n ja YIV 2019:n välisistä eroista.

Taulukko 2. YTV 2021:n ja YIV 2019:n geoteknisten rakenneosien eroavaisuudet yhteneviltä osin toteutus suunnittelu- ja rakennussuunnitelmavaiheessa. Vihreällä merkittyjen rakenneosien mallintaminen on pakollista (P), keltaisella merkittyjen hankekohtaisesti sovittavissa (H).

Yleisten inframallivaatimusten ja talogeotekniikan tietomallivaatimusten väliset eroavaisuudet rakenneosittain yhteneviltä osin			
RAKENNEOSA	YTV2021	YIV2019	EROAVAISUUDET
114000 Poistettavat ja siirrettävät maa- ja pengerrakenteet	P	P	
115000 Poistettavat päällysrakenteet	P	P	
121000 Poistettavat pilaantuneet maat ja rakenteet	P	P	
122000 Eristerakenteet	P	P	
133000 Arinarakenteet	H	P	YTV2021: Mallinnus yläpintana tai tilavuuskappaleena. YTV2019: Mallinnus yläpintana.
141100 Syvätiivistetyt maarakenteet	P	P	YTV2021: Mallinnus pintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. Tiivistyspisteiden paikat mallinnetaan 3D-pisteinä. YIV2019: Mallinnus pintana.
141310 Pilaristabiloidut rakenteet	P	P	
141320 Massastabiloidut rakenteet	P	P	YTV2021: Mallinnus ylä- ja alapintana tai tilavuuskappaleena YIV2019: Mallinnus tilavuuskappaleena.
141400 Injektoidut maarakenteet	P	P	
141510 Verkolla lujitetut maarakenteet (teräs- ja muoviverkot)	P	P	
141520 Kankaalla lujitetut maarakenteet	P	P	
141530 Kalvolla lujitetut maarakenteet	P	P	
142100 Roudaneristykset	P	P	YTV2021: Mallinnus tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus

			yläpintana tai tilavuuskappaleena.
142200 Lämmöneristykset	P	P	Samoin kuin edellisessä.
142310 Bentoniittimattorakenteet	P	P	YTV2021: Mallinnus yläpintana tai tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus yläpintana. Erillisiä mallinnusvaatimuksia ohutmuovin, suojaverhouksen, suoja- ja salaojakerroksen, suodatinkankaan ja salaojaputkien mallinnukselle.
142320 Bentoniittimaarakenteet	P	P	Samoin kuin edellisessä
142330 Maatiivisterakenteet	P	P	Samoin kuin edellisessä
142340 Muovikalvot pohjaveden suojausrakenteissa	P	P	
142350 Päälysteen reunan bitumikermi	P	P	
143100 Salaojaputket	P	P	YTV2021: Mallinnus tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus xyz-solmukohtien välisenä taiteviivana.
143200 Salaojien tarkastuskaivot	P	P	YTV2021: Mallinnus tilavuuskappaleena. YIV2019: Kannen ja pohjan mallinnus 3D-pisteinä, sijainti kaivon keskeltä, korkeus kaivon kannesta ja pohjalta.
143400 Avo-ojat ja -uomat	P	P	
143500 Rumpuputket	P	P	YTV2021: Mallinnus tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus 3D-viivana tai taiteviivana.
151000 Kallioinjektoinnit	H	H	
151900 Muut kallioinjektoinnit	H	H	
152100 Kalliopultitukset	H	H	
152200 Kallioankkuroinnit	H	H	
152300 Verkotukset	H	H	
152900 Muut mekaanisesti lujitetut kalliorakenteet	H	H	
153100 Ruiskubetonointipinnat	H	H	
153200 Ruiskubetonoinnin salaojat	H	H	YTV2021: Mallinnus tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus tilavuuskappaleena tai 3D-taiteviivana.

153900 Muut ruiskubetonointirakenteet	H	H	
161000 Maaleikkaukset	P	P	YTV2021: Mallinnus alapintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus alapintana.
162100 Putki- ja johtokaivannot	P	H	YTV2021: Mallinnus pintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. Tuetuissa kaivannoissa kaivanto mallinnetaan tukiseinälinjan keskilinjaan saakka. YIV2019: Mallinnus pintana, alapintana jos yli 2 m pitkä tonttiliittymä.
162200 Rumpukaivannot	P	H	Samoin kuin edellisessä
162400 Rakennus- ja siltakaivannot	P	P	YTV2021: Mallinnus pintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. Tuetuissa kaivannoissa kaivanto mallinnetaan tukiseinälinjan keskilinjaan saakka YIV2019: Mallinnus pintana. Luovutusaineiston sisällettävä myös pinnan muodostavat taiteviivat
162500 Massanvaihtoon kuuluvat kaivannot	P	P	Samoin kuin edellisessä.
163100 Elementtituet	H	P	YTV2021: Mallinnus tilavuuskappaleena. Korkeustietona seinän yläpää. YIV2019: Mallinnus pintana tai tilavuuskappaleena. Korkeustietona seinän yläpää ja laskennallinen alapää. Pysyvät ankkurit ja ankkuripalkit mallinnetaan 3D-taiteviivoina tai tilavuuskappaleina.
163200 Ponttiseinät	P	P	YTV2021: Mallinnus tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus pintana tai tilavuuskappaleena. Korkeustietona ponttien yläpää ja laskennallinen alapää. Pysyvät ankkurit ja ankkuripalkit mallinnetaan

			3D-taiteviivoina tai tilavuuskappaleina
163300 Settiseinät	P	P	YTV2021: Mallinnus tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus pintana tai tilavuuskappaleena. Korkeustietona seinän yläpää ja laskennallinen alapää.
163400 Patoseinä	P	P	Samoin kuin ponttiseinät
163500 Porapaaluseinät	P	P	Samoin kuin edellisessä
163600 Kaivinpaaluseinä	P	P	Samoin kuin edellisessä
163900 Muut kaivantojen tukirakenteet	P	P	YTV2021: Mallinnus tilavuuskappaleena. Erillisiä mallinnusvaatimuksia maa- ja kallioankkureille, ankkurikoteloille, vaakapalkeille sekä juuripalkeille. YIV2019: Mallinnus tilavuuskappaleena tai pintana.
164000 Vedenalaiset maaleikkaukset ja -kaivannot	P	P	YTV2021: Mallinnus alapintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus alapintana. Luovutusaineiston sisällettävä pinnan muodostavat taiteviivat.
171000 Kallioavoleikkaukset	P	P	YTV2021: Mallinnus teoreettisena louhintapintana tai tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus teoreettisena louhintapintana. Luovutusaineiston sisällettävä myös pinnan muodostavat taiteviivat.
172000 Kalliokanaalit, -kuopat ja -syvennykset	P	P	YTV2021: Mallinnus teoreettisena louhintapintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus teoreettisena louhintapintana. Luovutusaineiston

			sisällettävä myös pinnan muodostavat taiteviivat. Sisältää tarkempia mallinnusvaatimuksia.
174000 Vedenalaiset kallioleikkaukset ja -kaivannot	P	P	Samoin kuin kallioavoleikkaukset.
175100 Jälkikäsitellyt kalliopinnat	P	P	YTV2021: Mallinnus rakenteen yläpintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus rakenteen yläpintana tai 3D-aluerajauksena.
176100 Maanalaiset kalliotilat	P	P	YTV2021: Voidaan hankekohtaisesti mallintaa myös tilavuuskappaleena.
176200 Kanaalit ja syvennykset kalliotiloissa	P	P	Samoin kuin edellisessä.
176900 Muut maanalaiset kalliotilat	P	P	
177100 Kallioon poratut reiät	H	H	
177200 Kallioon poratut kaivot	H	H	
177900 Muut kallioon porattavat rakenteet	H	H	
181110 Maapenkereet	P	P	YTV2021: Mallinnus pintana tai tilavuuskappaleena. Kerrostukset voidaan mallintaa. YIV2019: Mallinnus pintana. Kerrostuksia ei mallinneta. Luovutusaineiston on sisällettävä pinnan muodostavat taiteviivat.
181120 Louhepenkereet	P	P	Samoin kuin edellisessä.
181141 Kevytsorapenkereet	P	P	YTV2021: Mallinnus pintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus pintana. Luovutusaineiston on sisällettävä pinnan muodostavat taiteviivat.
181142 Kevytsorabetonipenkereet	P	P	Samoin kuin edellisessä.
181143 Solumuovipenkereet	P	P	Samoin kuin edellisessä.
181144 Rengasrouhepenkereet	P	P	Samoin kuin edellisessä.
181145 Vaahtolasimurskepenkereet	P	P	Samoin kuin edellisessä.
181160 Esikuormitusrakenteet	P	P	Samoin kuin edellisessä.
183100 Asennusalueet	P	P	YTV2021: Mallinnus yläpintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus yläpintana.

183200 Alkutäytöt	H	H	Samoin kuin edellisessä.
183300 Lopputäytöt	H	H	Samoin kuin edellisessä.
183400 Perustusten alustäytöt	P	P	Samoin kuin edellisessä.
183500 Rakenteiden ympärystäytöt	H	P	Samoin kuin edellisessä.
183600 Massanvaihtoon kuuluvat täytöt	P	P	Samoin kuin edellisessä.
183710 Bentoniittimattorakenteinen virtaussulku	H	H	YTV2021: Mallinnus pintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus pintana.
183720 bentoniittimaarakenteinen virtaussulku	H	H	Samoin kuin bentoniittimattorakenteet.
183730 Savirakenteinen johtokaivannon virtaussulku	H	H	Samoin kuin edellisessä.
183900 Muut kaivantojen täytöt	H	H	YTV2021: Mallinnus yläpintana tai hankekohtaisesti tilavuuskappaleena. YIV2019: Mallinnus yläpintana.